



***Solid Biofuel* dari Campuran Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa dengan Metode *Hydrothermal* sebagai Substituen Energi dalam Upaya Reduksi Sampah Pertanian**

C. Chika Oktalia Putri^{1a}, Britania Dewi Clarasinta^{1b}, dan Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah^{1c}

^{1*} Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika no.2 Sleman
Yogyakarta 55281 Indonesia

E-Mail : c.chika.o@mail.ugm.ac.id, britania.dewi.c@mail.ugm.ac.id, atawfieq@ugm.ac.id

Abstract

Hydrothermal treatment is a thermochemical process that using subcritical water for converting biomass to produce high calorific biofuel. In this method, water acts as reactant, as well as medium of reaction. Experiments were conducted in temperature range of 200-270°C, holding time of 20-40 minutes, biomass-water ratio from 1:7.5 to 1:15 at various composition of coconut shell-corn cob. Based on experimental results, it was found that higher calorific value biofuels produced from treatments with higher temperature since more biomass was decomposed into more carbonaceous products. In addition, longer holding time also raised calorific value due to more complete decomposition. It was also indicated that increasing amount of biomass of the feed raised the calorific value of product. The highest calorific value of product of 5,12 kcal/kg was obtained from the treatment of 270°C, holding time of 30 minutes, biomass-water ratio of 1:10 at the coconut shell-corn cob ratio of 1:1.

Keywords : *hydrothermal, solid biofuel, mixed biomass, temperature, holding time*

Pendahuluan

Sumber energi yang ada saat ini masih didominasi oleh energi minyak bumi dan batu bara. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM, kebutuhan energi minyak bumi dan batu bara semakin meningkat namun ketersediaannya menurun dari tahun ke tahun. Konsumsi energi dari bahan bakar fosil menurut data dari Badan Pusat Statistik tahun 2012 mencapai 75,13%. Penggunaan bahan bakar fosil ini selain merusak lingkungan, juga tidak terbarukan (*nonrenewable*) dan tidak berkelanjutan (*unsustainable*). Guna memenuhi kebutuhan yang belum terpenuhi saat ini sudah banyak energi alternatif yang dikembangkan di Indonesia. Pemerintah mempunyai rencana untuk mencapai ketahanan energi dengan adanya konservasi dan diversifikasi energi. Salah satu energi yang sedang dikembangkan oleh pemerintah adalah penggunaan *biofuel* sebagai bahan bakar yang berasal dari biomassa. Berdasarkan data dari *National Energy Council* Indonesia tahun 2013 hanya 280.050 barrel of oil equivalent (BOE) biomassa yang sudah dimanfaatkan (Zed dkk., 2014) atau 3,3% dari sumber energi yang digunakan di Indonesia.

Biofuel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai komplemen bahan bakar yang berasal dari minyak bumi dan batu bara. *Biofuel* didapatkan dari tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang merupakan biomassa dan dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pengolahan biomassa digunakan untuk meningkatkan nilai kalor bakar dari bahan baku biomassa, proses dapat dilakukan secara *hydrothermal*. Perkembangan *biofuel* di Indonesia belum terlalu pesat sehingga diperlukan riset untuk mendalami *biofuel* secara rinci agar dapat mendorong pemanfaatan *biofuel* untuk menciptakan energi alternatif yang baru.

Hydrothermal merupakan salah satu proses untuk mengolah biomassa menjadi *biofuel*. Proses *hydrothermal* sendiri belum terlalu berkembang di Indonesia. Suhu operasi untuk proses ini adalah 200-350°C. Suhu tersebut lebih rendah dibandingkan dengan proses pirolisis yang menggunakan suhu 450-550°C dan gasifikasi pada suhu 900-1200°C (Yuliansyah dkk, 2010). *Hydrothermal* dilakukan dengan penambahan sejumlah air dan biomassa pada *autoclave* pada temperatur sekitar 250 °C dengan waktu sekitar 2-6 jam (Sevilla dkk, 2008). Selain itu, proses *hydrothermal* dapat digunakan untuk mengolah *biomass* yang mempunyai kadar air tinggi. Oleh karena itu, penggunaan proses ini dapat digunakan untuk mengolah biomassa berupa tongkol jagung dan tempurung kelapa. Limbah tersebut tersedia dalam jumlah yang banyak dan belum dimanfaatkan secara maksimal, maka, diharapkan adanya penelitian ini dapat mengembangkan dan membantu mengurangi limbah yang ada dan meningkatkan ketersediaan sumber energi di Indonesia yang ramah lingkungan.



Tinjauan Pustaka

Biomassa adalah berbagai macam bahan yang didapatkan dari alam yang dapat diperbaharui. Residu dari biomassa bersifat organik karena semua dapat diperbaharui dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil karena biomassa termasuk bahan bakar yang ramah lingkungan dan harganya jauh lebih murah dari bahan bakar fosil.

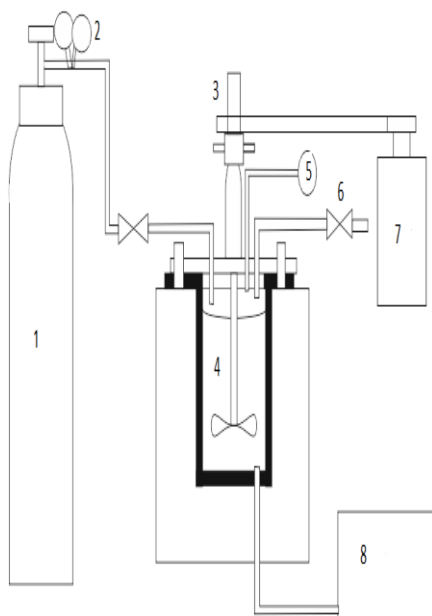
Tongkol jagung merupakan salah satu limbah lignoselulosik. Limbah lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Senyawa tersebut memiliki potensi untuk dikonversikan menjadi senyawa lain secara biologi. Selulose merupakan sumber karbon yang dapat digunakan mikroorganisme sebagai substrat dalam proses fermentasi untuk menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Shofiyanto, 2008).

Sebagai salah satu negara pertanian, Indonesia menghasilkan jagung dalam bentuk pipilan kering. Menurut data statistik (BPS, 2015), produksi jagung tahun 2015 sebesar 19.611.704 ton pipilan kering. Produksi jagung pipilan menyisakan tongkol jagung sebagai limbah pertanian sebesar 30% jagung. Limbah lignoselulosik banyak tersedia pada tongkol jagung, sehingga banyak sumber *biofuel* yang berpotensi dimanfaatkan menjadi biomassa.

Limbah lignoselulosik yang lain dapat diperoleh dari tempurung kelapa. Kandungan kimia dari tempurung kelapa adalah selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%). Sedangkan bobot tempurung mencapai 12-19 % dari bobot buah kelapa (Hambali, 2007). Menurut Badan Pusat Statistik 2014 produksi buah kelapa sebesar 3.262,72ton maka terdapat sekitar 12% tempurung yang dihasilkan. Potensi untuk produksi tempurung tersebut belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambah, sekaligus meningkatkan kesejahteraan petani kelapa. Menurut data Kementerian ESDM 2014 tempurung kelapa memiliki kalor bakar mencapai 4300 kkal/kg dengan kelembaban 15% sehingga tempurung kelapa merupakan sumber *biofuel* yang sangat berpotensi untuk diaplikasikan menjadi biomassa.

Proses *hydrothermal* adalah proses karbonisasi biomassa dengan mencampur sejumlah air dalam *autoclave* pada suhu sekitar 250°C selama waktu tertentu yang menghasilkan larutan air yang mengandung produk dan padatan yang nilai karbonnya tinggi (Sevilla dkk, 2008). Pada dasarnya *hydrothermal* adalah proses konversi termokimia yang menggunakan air subkritis untuk konversi biomassa untuk produk karbon melalui fraksinasi dari *biofuel*. Suhu karbonisasi tergantung pada jenis bahan serta dekomposisi terjadi pada rentang suhu 150-350°C (Jain dkk, 2015).

METODE PENELITIAN



Keterangan:

1. Tabung nitrogen
2. Regulator
3. Pengaduk
4. Tangki *autoclave*
5. *Pressure sensor*
6. *Purge valve*
7. Motor
8. *Controller*

Gambar 1. Rangkaian Alat *Autoclave*

Bahan baku pada percobaan ini adalah tongkol jagung dan tempurung kelapa. Tongkol jagung dan tempurung kelapa dihaluskan dengan *crusher*. Kedua bahan yang telah halus masing-masing diayak menggunakan ayakan Tyler 20 Mesh dan 32 Mesh sehingga diperoleh tongkol jagung dan tempurung kelapa dengan ukuran - 20+32 Mesh. Sebelum dilakukan proses *hydrothermal* dilakukan kalibrasi suhu *autoclave* dengan *controller*.

Proses *Hydrothermal* dengan variasi suhu operasi

Tongkol jagung dan tempurung kelapa disiapkan sebagai umpan *autoclave*. Tongkol jagung dan tempurung kelapa masing-masing ditimbang sebesar 7,5 gram dan dicampur dengan *aquadest* sebanyak 150 mL sehingga didapat campuran biomassa-air dengan perbandingan 1:10. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave*. *Autoclave* ditutup dengan rapat. *Flushing* dengan gas nitrogen dilakukan sebanyak 3 kali untuk menghindari oksidasi oleh oksigen. Nitrogen yang merupakan gas inert, dimasukkan ke *autoclave* kembali hingga indikator tekanan nitrogen menunjukkan angka 10 *bar gauge*. Pemanas dan *controller* dinyalakan, serta ban pengaduk dipasang kemudian pengaduk dinyalakan. Proses *hydrothermal* dilakukan selama 30 menit pada suhu 200°C. Setelah *holding time* dilakukan proses pendinginan hingga mencapai suhu sekitar 50°C kemudian *autoclave* dibuka lalu biomassa dan air disaring. Dengan langkah yang sama, proses *hydrothermal* diulangi pada suhu operasi 240°C dan 270°C.

Proses *Hydrothermal* dengan variasi perbandingan biomassa

Umpan *autoclave* sebanyak 15 gram berupa campuran tongkol jagung dan tempurung kelapa serta *aquadest* disiapkan. Tongkol jagung dan tempurung kelapa masing-masing ditimbang sebesar 7,5 gram sehingga perbandingan tongkol jagung dan tempurung kelapa 1:1, dicampur dengan air sebanyak 150 mL sehingga didapat campuran biomassa-air dengan perbandingan 1:10, kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave*. Kemudian dilakukan proses yang sama seperti pada point a. Langkah percobaan yang sama dilakukan untuk bahan baku tongkol jagung dan tempurung kelapa dengan perbandingan 1:3, 1:5, 3:1, dan 5:1.

Proses *hydrothermal* dengan variasi rasio biomassa-air

Umpan sebanyak 10 gram tongkol jagung dan 10 gram tempurung kelapa ditimbang sehingga diperoleh campuran sebanyak 20 gram. Kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave* dan dimasukkan 150 mL *aquadest* sebagai reaktan. Sehingga didapatkan umpan *autoclave* berupa campuran biomassa-air dengan perbandingan 1:7,5. Selanjutnya dilakukan proses yang sama seperti point a. Langkah percobaan diulangi lagi untuk rasio biomassa-air 1:10 dengan tongkol jagung dan tempurung kelapa masing-masing sebanyak 7,5 gram, dan 1:15 dengan tongkol jagung dan tempurung kelapa masing-masing sebanyak 5 gram.

Proses *hydrothermal* dengan variasi *holding time*

Umpan sebanyak 7,5 gram tongkol jagung dan 7,5 gram tempurung kelapa ditimbang sehingga diperoleh campuran sebanyak 15 gram. Kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam *autoclave* dan dimasukkan 150 mL *aquadest* sebagai reaktan. Sehingga didapatkan umpan *autoclave* berupa campuran biomassa-air dengan perbandingan 1:10. Kemudian dilakukan proses seperti pada point a. Langkah percobaan diulangi kembali untuk *holding time* 20 menit dan 40 menit. Setelah itu sampel basah ditimbang menggunakan neraca analisis digital dan dioven pada 110°C selama 4 jam untuk mendapatkan produk akhir.

Analisis Hasil Penelitian

Analisis proksimat yang dilakukan adalah analisis kadar air, kadar abu dan nilai kalor. Analisis tersebut dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, Universitas Gadjah Mada.

Hasil dan Pembahasan

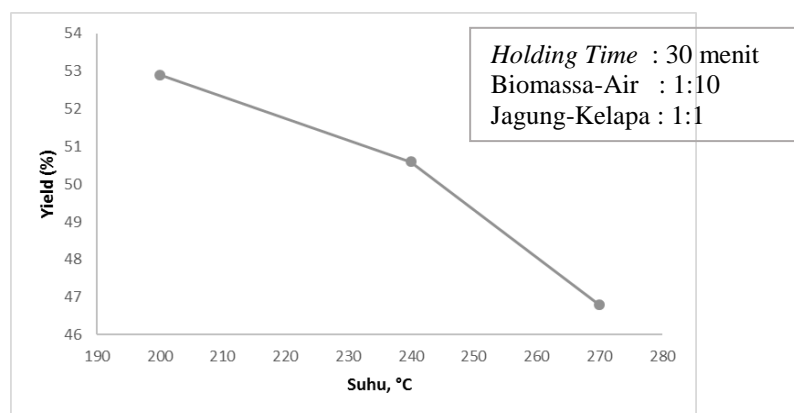
Proses *hydrothermal* merupakan proses untuk mengubah biomassa menjadi *solid biofuel*. Suhu yang digunakan pada proses *hydrothermal* pada penelitian ini menggunakan suhu 200°C. Kondisi operasi ini membuat air berada pada keadaan *subcritical*. Air merupakan reaktan sekaligus pelarut pada proses *hydrothermal*. Pada kondisi *subcritical* tersebut air dapat melarutkan senyawa organik dengan baik.

Pembuatan biomassa dengan *biofuel* diproses dengan diberikan panas oleh air yang menjadi pelarut dan katalis secara konduksi. Hal tersebut menyebabkan gugus hidroksil, karboksil, ester dan eter akan terurai dan rasio C/O dan C/H di padatan akan meningkat seiring peningkatan suhu (Jain dkk, 2015). Oksigen akan terpisah dari biomassa sehingga meningkatkan *heating value* dan mengurangi polaritas molekul sehingga mempermudah pemisahan molekul dari fase cair.

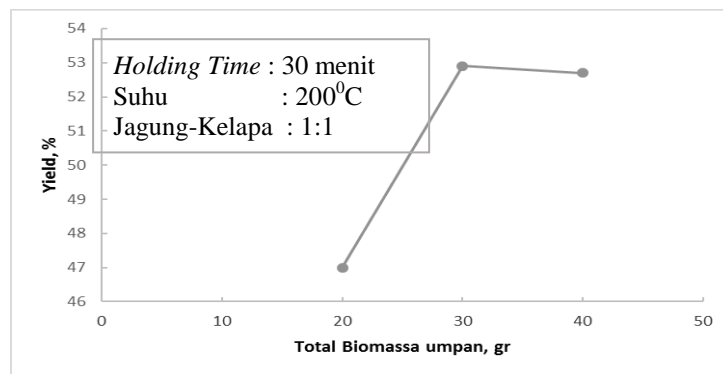
Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Bahan Baku dan *Solid Biofuel* Berbagai Variasi

Variasi	Analisis Proximate	
	Kadar air (%)	Kadar abu (%)
Bahan Baku		
Tongkol Jagung	11,27	13,79
Tempurung Kelapa	11,01	40,23
Variasi Suhu (Suhu 200⁰C, Tongkol Jagung : Tempurung Kelapa 1:1, Holding Time 30 menit)		
Suhu 200°C	4,72	0,58
Suhu 240°C	3,21	6,43
Suhu 270°C	2,71	20,59
Variasi Komposisi Biomassa (Suhu 200⁰C, Tongkol Jagung : Tempurung Kelapa 1:1, Holding Time 30 menit)		
1 Tempurung Kelapa : 1 Tongkol Jagung	4,72	0,58
1 Tempurung Kelapa : 3 Tongkol Jagung	2	0,44
1 Tempurung Kelapa : 5 Tongkol Jagung	3,21	6,43
3 Tempurung Kelapa : 1 Tongkol Jagung	3,64	30,64
Variasi B/W ratio (Suhu 200⁰C, Tongkol Jagung : Tempurung Kelapa 1:1, Holding Time 30 menit)		
Campuran 1:7.5	3,02	0,54
Campuran 1:10	4,72	0,58
Campuran 1:15	2,18	0,55
Variasi Holding Time (Suhu 200⁰C, Tongkol Jagung : Tempurung Kelapa 1:1, B/W ratio 1:10)		
Campuran 20 menit	3,14	22,71
Campuran 30 menit	4,72	0,58
Campuran 40 menit	2,57	15,23

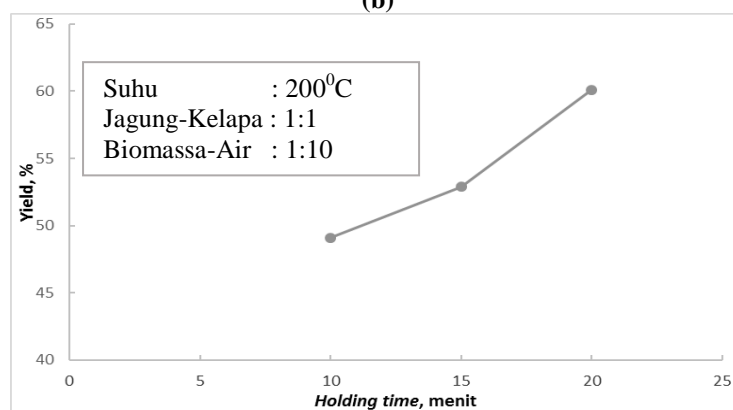
Analisis yang dilakukan adalah menganalisis kadar air, kadar abu, kalium dan nilai kalor bahan baku dan produk. Pada hasil produk diperoleh nilai *yield* dari perhitungan yang ada. Dari hasil tersebut dapat diperoleh data profil nilai kalor pada variasi suhu, campuran padatan, biomassa-air dan data profil nilai kalor pada variasi *holding time*.



(a)

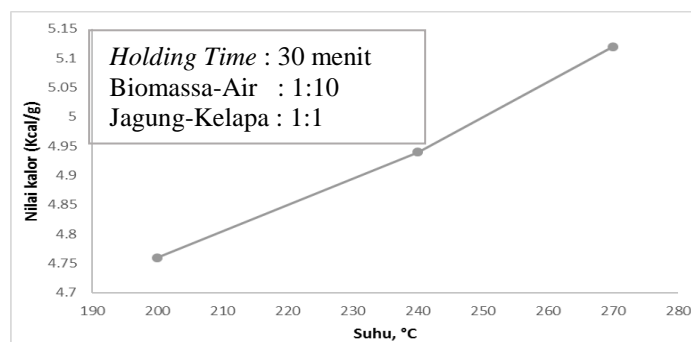


(b)

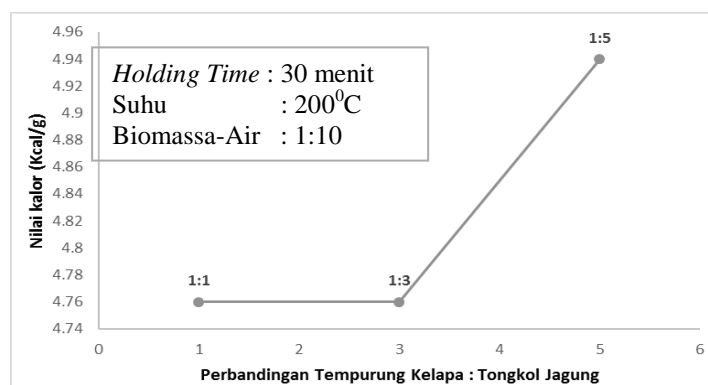


(c)

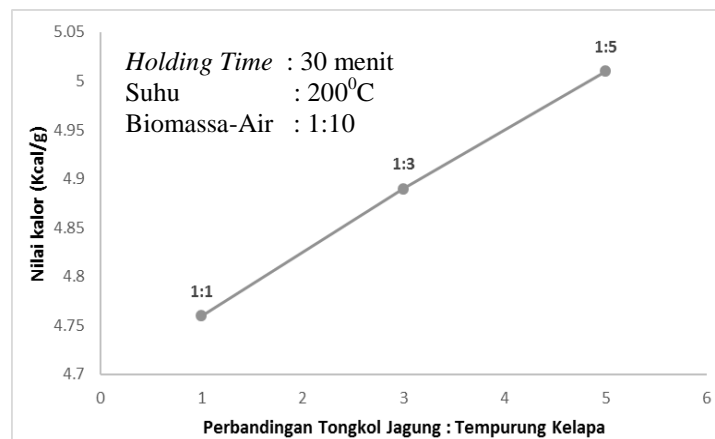
Gambar 2. Grafik hubungan variasi (a) suhu (b) biomassa-air (c) *holding time* pada proses *hydrothermal* dengan *yield* yang dihasilkan.



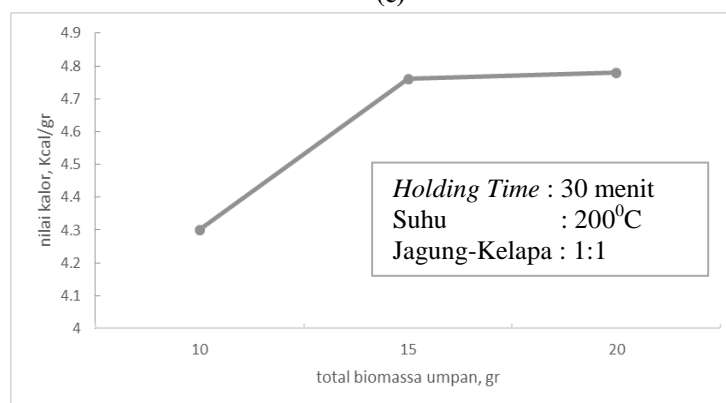
(a)



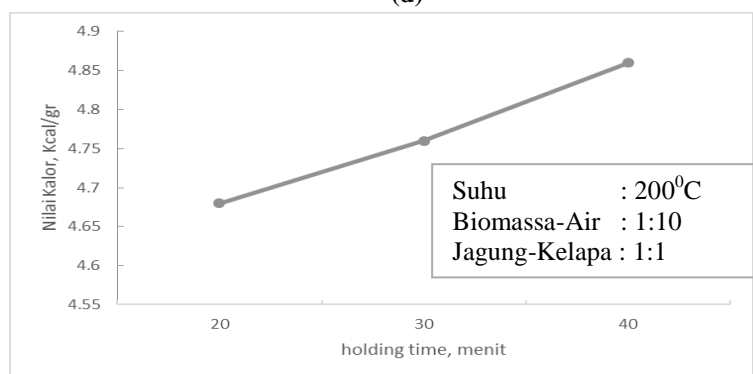
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 3. Grafik (a) variasi suhu (b) Biomassa Tempurung Kelapa : Tongkol Jagung (c) Biomassa Tongkol Jagung : Tempurung Kelapa (d) Biomassa-Air (e) *holding time* proses *hydrothermal* dengan nilai kalor yang dihasilkan

Dari hasil proses *hydrothermal* diperoleh massa *solid biofuel* yang jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan biomassa mula-mula akibat peruraian gugus pada rantai biomassa yang kompleks. *Yield* yang diperoleh pada penelitian ini antara 49-60%. Pada variasi suhu menunjukkan semakin tinggi suhu operasi pada proses *hydrothermal* maka *yield* yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini terjadi karena bahan yang di-*treatment* dengan proses *hydrothermal* pada suhu tinggi maka semakin banyak yang terdekomposisi. Pada variasi rasio biomassa-air didapatkan nilai *yield* yang lebih besar dengan bertambahnya rasio biomassa-air. *Yield* tertinggi pada variasi rasio biomassa-air dihasilkan pada rasio 1:7,5 sebesar 60,1%. *Yield* yang didapatkan untuk variasi *holding time* naik seiring naiknya *holding time*. Hal tersebut terjadi akibat semakin lama proses maka semakin banyak biomassa yang terbentuk menjadi *solid biofuel*. Namun pada *holding time* 40 menit mengalami sedikit penurunan dibandingkan dengan *holding time* 30 menit. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak gugus yang terurai baik menjadi fase cair maupun fase gas yang membuat hasil padatan berkurang.

Pada variasi suhu nilai kalor naik seiring dengan kenaikan suhu pada proses *hydrothermal*. Pada perbandingan biomassa tempurung kelapa dibanding tongkol jagung pada 1:1 dan 1:3 nilainya sama, hal ini terjadi karena nilai kalor tongkol jagung lebih rendah dibanding tempurung kelapa sehingga pada perbandingan yang tidak terlalu signifikan nilai kalor yang dihasilkan relative hampir sama. Pada variasi perbandingan biomassa menunjukkan semakin banyak tempurung kelapa pada campuran menunjukkan nilai kalor yang meningkat, hal ini terjadi karena nilai kalor tempurung kelapa yang lebih besar dibandingkan dengan tongkol jagung, sehingga bila dicampurkan dengan komposisi tempurung kelapa lebih besar *heating value*-nya meningkat.

Nilai kalor pada variasi biomassa-air akan semakin naik dengan semakin besarnya rasio antara biomassa dengan *aquadest*. Hal ini disebabkan karena semakin besar rasio, semakin banyak jumlah biomassa yang dapat diolah menjadi produk *solid biofuel* sehingga semakin besar juga nilai kalor yang diperoleh. Pada variasi *holding time*, nilai kalor semakin besar dengan bertambahnya *holding time* karena semakin lama maka jumlah biomassa yang terkonversi akan semakin banyak dan nilai kalor menjadi semakin besar.

Kadar air pada hasil proses *hydrothermal* tidak bisa sepenuhnya dibandingkan karena pertimbangan pada penyimpanan produk dan juga waktu proses dilakukan. Secara umum kadar air produk berkisar antara 2-5 %.

Kadar air dan abu digunakan untuk untuk menentukan kenaikan nilai kalor. Pada variasi suhu dapat terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka kadar air dan abu yang diperoleh menjadi semakin sedikit. Namun masih ada faktor lain yang mempengaruhi diantaranya adalah *volatile matter* dan *fixed carbon*. Sehingga data yang ada masih memerlukan analisis dan penelitian lebih lanjut.

Kesimpulan

Proses *hydrothermal* dapat meningkatkan *heating value* dari *solid biofuel* hasil *treatment* yang akan berdampak pada peningkatan nilai ekonomi dari limbah pertanian dimana dalam hal ini adalah tongkol jagung dan tempurung kelapa. Semakin tinggi dari suhu dan *holding time* pada proses *hydrothermal* maka akan meningkatkan nilai kalor dari bahan yang diberikan perlakuan *hydrothermal*.

Daftar Pustaka

- Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, Pattiwiri, AW, Hendroko R. Teknologi Bioenergi. Tangerang: Agro Media Pustaka. 2007: 5-34.
- Iskandar T. Identifikasi Nilai Kalor Biochar dari Tongkol Jagung dan Sekam Padi pada Proses Pirolisis. Malang: Tlogomas. 2012: 31-32.
- Jain A, Balasubramanian R, Srinivasan MP. Hydrothermal Conversion of Biomass Waste to Activated Carbon with High Porosity. *Chemical Engineering Journal*. 2015;283: 789-805.
- Sevilla M, Fuertes AB, Hernández Z, Piedra-Buena A, Cuadra L, Fernandez. Pyrolytic assessment of the recalcitrance of hydrothermal carbonization products from eucalypt sawdust as an index of its performance for atmospheric CO₂ sequestration. *Proceeding of International Symposium on Analytical and applied pyrolysis*. 2008; 305-328.
- Shofiyanto ME. Hidrolisa Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultur Campuran. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2008:4-7.
- Yuliansyah AT, Hirajima T, Kumagi S, dan Sasaki K. Production of Solid Biofuel from Agricultural Wastes of the Palm Oil Industry by Hydrothermal Treatment. *Waste Biomass Valor*. 2010; 1, 395-405.
- Zed F, Suharyani YD, Rasyid A. Outlook Energi Indonesia Dewan Energi Nasional. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia. 2010: 35-40.
- Badan Pusat Statistik, 2014. <https://www.bps.go.id/> (diakses pada 16 April 2016)



Lembar Tanya Jawab

Moderator: Aji Prasetyaningrum (UNDIP, Semarang)

1. Penanya : Amalia (Universitas Negeri Semarang)
- Pertanyaan : - Apakah solven yang digunakan dan apa kelebihanannya?
- Berapa tekanan operasi?
- Jawaban : - Untuk solven yang digunakan adalah air, kondisi hydrothermal maka biomassa dapat terdekomposisi, karena dilangsungkan pada suhu subkritik dan tekanan minimal maka kondisi air masih cair.
- Operasi berlangsung pda tekanan 20 atm dan suhu diantar 150 sampai 170 °C